



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha Ruostetoja

NX-CAM- KÄYTTÖÖNOTTO BURKHARDT WEBER 750 MCX- TYÖSTÖKESKUKSESSA

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha Ruostetoja
Opinnäytetyön nimi	NX-CAM- Käyttöönotto Burkhardt Weber 750 MCX-työstökeskuksessa
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	24
Ohjaaja	Pertti Lindberg

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oyj Abp:n Delivery Center Vaasan Moduulikoneistuksen verstaalle. Opinnäytetyön aiheena oli kehittää koneistuksen ohjelmointi- ja sisäänajomenetelmä nykyaikaiseksi NX-CAM- ohjelmiston avulla. Työn tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa koneistuksen uusien kappaleiden sisäänajoa sekä vähentää laaduttomuuskustannuksia.

Työn onnistumisen kannalta oli tärkeää tuntea koneistuksen menetelmät, ohjelmointi ja NX-CAM- ohjelmisto, jotta saa käsityksen minkälaista ohjelmaa postprosessorin tulostamiselta vaaditaan.

Työn tuloksena otettiin käyttöön NX-CAM- ohjelmisto Burkhardt Weber 750 MCX-työstökeskuksessa. Koneistuksen sisäänajoa saatiin nopeammaksi ja ohjelmiston postprosessori tuotti oikeanlaista ohjelmakoodia.

ABSTRACT

Author	Juha Ruostetoja
Title	Introduction of NX-CAM-in Burkhardt Weber 750 MCX-Machine Centre
Year	2014
Language	Finnish
Pages	24
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

This thesis was made for Wärtsilä Finland Oyj Abp Delivery Centre Vaasa Module machining workshop. The subject of the thesis was to modernize machining programming and startup method using the NX-CAM program. The aim of this thesis was to make the start-up of new pieces easier and faster in machining and reduce quality costs.

For the success of the work it was important to know machining methods, programming and NX-CAM- program to get an understanding what kind of program post-processor printing is needed

The result of the work was the introduction of the NX-CAM- program in Burkhardt Weber 750 MCX machine centre. The startup of machining became faster and program post-processor produced the right program code.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	4
1.1	Opinnäytetyön aihe	4
1.2	Työn tavoitteet	4
2	YRITYS.....	5
2.1	Wärtsilä Oyj ABP	5
2.1.1	Wärtsilä Suomessa	7
2.1.2	Wärtsilä Vaasassa.....	7
3	TYÖSTÖKONEEN CNC-TEKNIikka	9
3.1	Numeerisen ohjauksen historia	9
3.2	Perusrakenteet	9
3.3	Ohjaus	12
3.4	Ohjelmointi	13
3.4.1	Käsiohjelmointi	13
3.4.2	Vuorovaikutteinen ohjelmointi	13
3.4.3	Tietokoneavusteinen ohjelmointi	14
3.4.4	CAD/CAM- järjestelmä	14
3.5	Akselit	14
4	VALMISTUSMENETELMÄT.....	16
4.1	Jyrsintä	16
4.2	Poraus.....	16
4.3	Avarrus.....	17
4.4	Kierteitys.....	17
5	NX-CAM- OHJELMOINTI.....	19
5.1	Ohjelmoinnin tavoite	19
5.2	Postprosessori	19
5.3	G- ja M-koodit	20
5.4	Ohjelman siirto työstökoneelle	21
6	JATKOTOIMET JA YHTEENVETO	22

6.1	Jatkotoimet.....	22
6.2	Tulokset.....	22
6.3	Loppusanat.....	22
LÄHTEET.....		24

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1.	Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen.(suluissa vuosi 2011)	s. 5
Kuvio 2.	Wärtsilän henkilöstön jakautuminen liiketoiminnoittain vuonna 2012 (suluissa vuosi 2011).	s.6
Kuvio 3.	Wärtsilän moottori (W32).	s.8
Kuvio 9.	Burkhardt Weber 750 MCX-vaakakarainen työstökeskus	s.11
Kuvio 10.	Perusliikeakselit	s.15
Kuvio 11.	Kulutuskkestävyyden vertailu.	s.17
Kuvio 12.	Kierteiden esireikien koko	s.18
Kuvio 16.	Postprosessori	s.19
Kuvio 17.	Esimerkkiohjelma	s.21

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena on NX-CAM- käyttöönottaminen Burkhardt Weber 750 MCX-työstökoneelle. Työ tehdään moduuleja valmistavalle Wärtsilä Oyj Abp:n Vaasan toimitusyksikön moduulikoneistusverstaalle.

Nykyinen ohjelmointimenetelmä on perinteinen käsinohjelmointi, joten sen korvaaminen uudella tekniikalla on erittäin ajankohtaista. Vanha ohjelmointimenetelmä on hidas, virheille altis ja vie tehokasta tuotantoaikaa koneelta eikä ole minkäänlaista simulointimahdollisuutta. Nykymenetelmällä ohjelmat tehdään käsin notepad- tai NC-Consult- ohjelmistolla rivi riviltä kirjoittamalla. Menetelmä on erittäin virhealtis pienille näppäinvirheille, joista voi koitua merkittäviä vahinkoja työstökoneelle ja kappaleelle. Tätä varten uuden ohjelman sisäänajo työstökoneella on erittäin tarkkaa työtä, ettei satu vahinkoa pienistä ohjelmointivirheistä.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia NX-CAM- ohjelmiston käyttöönottoa ja integrointia vaakakaraiseen Burkhardt Weber 750 MCX 3-akseliseen CNC-työstökeskukseen. Opinnäytetyössä tutkitaan asennus- ja käyttöönoton vaiheiden toimivuutta. Projektissa tulisi selvittää ongelmakohdat, joita esiintyy eri vaiheissa. Näihin ongelmiin pyritään löytämään oikeat ratkaisut. Sisäänajojen säästöistä ei pysty tarkasti tekemään laskelmia, koska ei ole mihin verrata, kyseessä on uusi kappale ja tämän kappaleen sisäänajoa ei ole tehty ilman NX-CAM- ohjelmistoa.

Työn tarkoituksena on, että saadaan ohjelmisto käyttöön moduulikoneistuksessa. Työhön sisältyy työstökoneen ohjelmoinnin ja NX-CAM- yhteensovittamista.

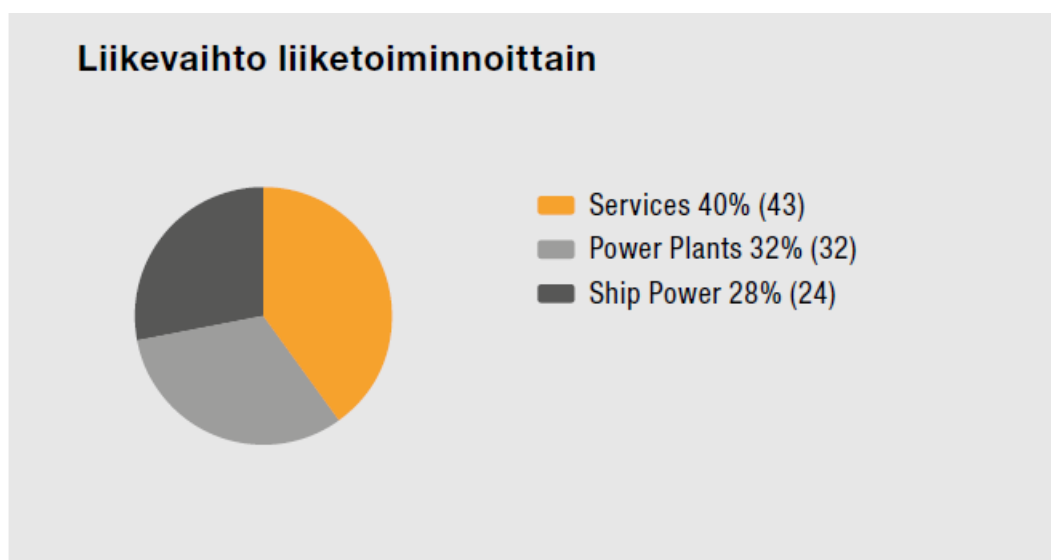
2 YRITYS

2.1 Wärtsilä Oyj ABP

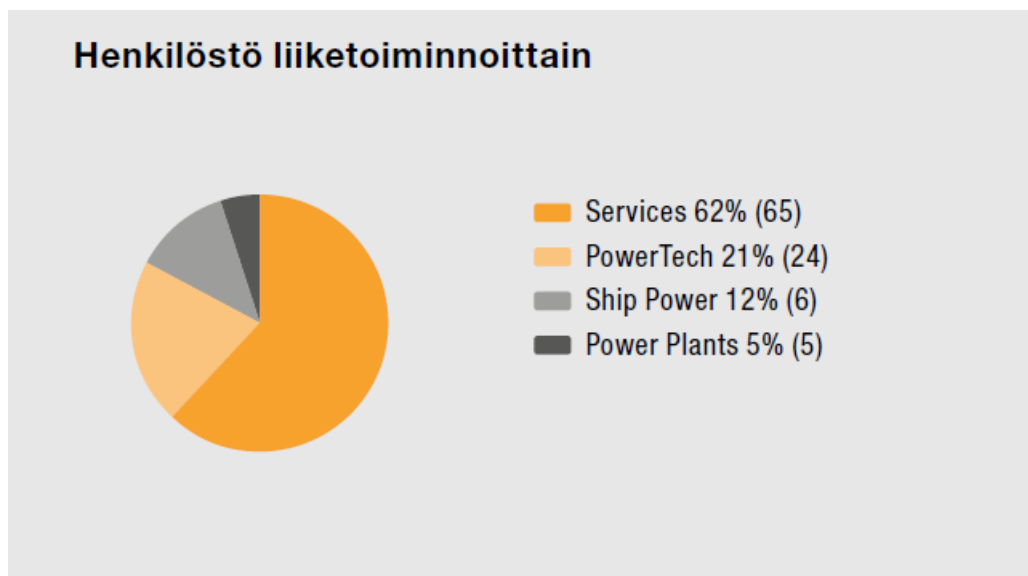
Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen.

Wärtsilä-konserni toimii kolmella liiketoimi-alueella, joita ovat Ship Power, Power Plants ja Huolto.

Wärtsilä on listattu Helsingin Pörssiin. Vuonna 2012 Wärtsilän liikevaihto oli 4,725 miljardia euroa. Yhtiön liikevaihdosta Ship Power kattaa 40, Power Plants 32 ja Services 28 prosenttia. (**Kuvio 1.**) Henkilöstöä talossa on noin 18 800 henkeä ja se on jakautunut kuvan 2 mukaisesti. Yrityksellä on lähes 170 toimipistettä 70 maassa eri puolilla maailmaa.



Kuvio 1. Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen vuonna 2012. (suluissa vuosi 2011) /4/



Kuvio 2. Wärtsilän henkilöstön jakautuminen liiketoiminnoittain vuonna 2012 (suluissa vuosi 2011)./4/

Ship Power tukee meriteollisuusasiakkaidensa liiketoimintaa tarjoamalla heille tehokkaita, taloudellisia, joustavia, turvallisia ja ympäristömyönteisiä integroituja järjestelmiä, ratkaisuja ja tuotteita. Alan teknologiajohtajuus ja kokenut, osaava ja omistautunut henkilöstö luovat Wärtsilälle edellytykset räätälöidä innovatiivisia, optimoituja elinkaariratkaisuja eri puolilla maailmaa toimiville asiakkailleen./4/

Power Plants on nykyaikaisten, ympäristösuorituskyvyltään pitkälle kehitettyjen, tehokaiden ja dynaamisten voimalaitosratkaisujen johtava toimittaja. Power Plants tarjoaa monipolttoainevoimalaitoksia perusvoimatuotannosta kuormitushuippujen tasaamiseen ja kuormaa seuraavaan tuotantoon sekä sähköverkkoa vakaavia voimalaitoksia ja huippunopeita varavoimaloita. Power Plants tarjoaa asiakkailleen nopeat voimaloiden kokonaistoimitukset ja pitkäaikaiset käyttö- ja huoltopalvelusopimukset sekä kaupunkialueilla että vaativimmillakin syrjäseuduilla./4/

Service tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Wärtsilä tarjoaa toimialan kattavimman palveluvalikoiman ja laajimman palveluverkoston sekä voimala- että merenkulkumarkkinoilla toimiville asiakkailleen. Wärtsilä on sitoutunut

tarjoamaan korkeaa laatua ja asiantuntevaa tukea sekä varmistamaan palvelujen saatavuuden kaikkialla, missä asiakkaat toimivat./4/

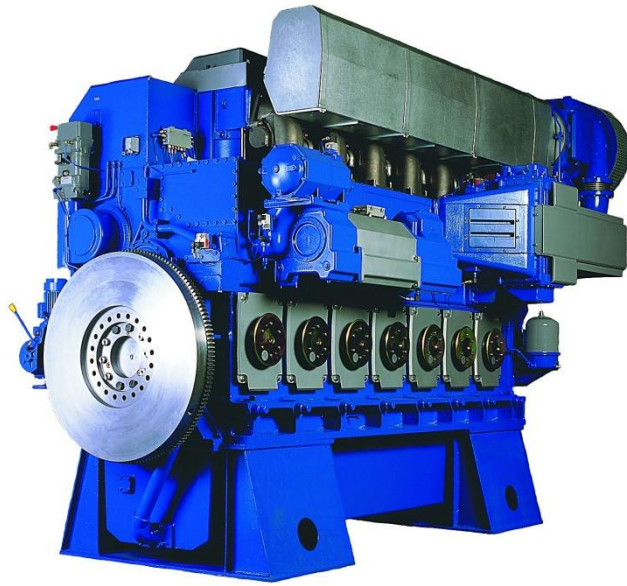
2.1.1 Wärtsilä Suomessa

Wärtsilän Suomen yhtiö toimittaa ratkaisuja voimalaitoksiin hajautetun energiatuotannon markkinoille, kaikentyyppisiin aluksiin ja offshore-sovelluksiin. Huoltoverkosto ulottuu koko maailmaan ja se huoltaa sekä kunnostaa laivojen koneistoja, että voimaloita näiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä Suomen yhtiössä työskentelee yli 3 500 ammattitaitoista työntekijää toimipaikkoinaan Vaasa, Turku, Helsinki ja Vuosaari.

Vaasassa sijaitsevat Vaasan toimitusyksikkö sekä tutkimus- ja kehitysyksikkö. Lisäksi Vaasan Runsorissa toimii Ship Power, Power Plants ja Services-yksiköt sekä niiden myynti ja projektihallinta. Turussa sijaitsee Wärtsilä Land & Sea Academy, joka tarjoaa 9 000 koulutuspäivää vuosittain. Koulutukset pitävät sisällään käyttö-, kunnossapito- ja hallintakoulutusta voimalaitosten ja laivojen operaattoreille, Wärtsilän omalle henkilöstölle sekä Service-yksikön myynti- ja tuotetukihenkilöstölle. Osa nelitahtimoottoreiden kehityksestä tehdään myös Turussa, mutta pääpaino kehityksestä on Vaasassa. Helsingissä on Wärtsilä Suomen yhtiön pääkonttori, jossa toimii konsernin hallinto sekä sen tukipalvelut. Vuosaarella on avattu elokuun alussa 2011 uusi huoltoverstaas. Täällä pystytään huoltamaan moottorit, propulsiojärjestelmät ja lisäksi siellä pystytään huoltamaan mekaanisia- ja sähköisiä varusteita kaikentyyppisille aluksille./4/

2.1.2 Wärtsilä Vaasassa

Wärtsilä Vaasan historia ulottuu vuoteen 1936, jolloin Wärtsilä osti Onkilahden konepajan Vaasasta. Dieselmoottoreiden valmistus alkoi Vaasassa vuonna 1954. Alussa moottoreita valmistettiin lisenssin alla Nohabille ja Shulzerille. Vuonna 1961 aloitettiin valmistamaan Wärtsilän itse suunnittelemaa moottoreita. Vaasassa nykyisin valmistettavat moottorityypit ovat Wärtsilä 20 (W20) sekä Wärtsilä 32 ja 34 (W32/34). Tyypimerkinnän numero tarkoittaa sylinterin halkaisijaa senttimetreinä. Kuviossa 3 on Vaasassa valmistettavan moottorin kuva W32. /4/



Kuvio 3. Wärtsilän moottori (W32). /4/

3 TYÖSTÖKONEEN CNC-TEKNIikka

3.1 Numeerisen ohjauksen historia

Maailman ensimmäinen numeerinen työstökone esiteltiin vuonna 1952 Yhdysvalloissa. Tätä kyseistä konetta käytettiin lentokoneteollisuudessa. Lähtökohtana koneen kehittämiseksi oli se, että työkalu saataisiin seuraamaan monimutkaisia liikeratoja. Manuaalisella työstökoneella ei työkalua pystytty siirtämään yhtäaikaaisesti kolmen tai useamman akselin suhteen. Ongelma voitiin ratkaista kehittämällä aivan uusi ohjaus, numeerinen ohjaus. Ensimmäiset NC-työstökoneet olivat pora- ja jyrsinkoneita. Numeerinen ohjaus tuli yleisempään käyttöön vasta, kun sitä alettiin käyttää sorveissa. Suomeen ensimmäinen NC-työskone hankittiin vuonna 1962. Aluksi NC-työstökoneissa ei ollut muistia, vaan ohjelmatieto luettiin reikänauhasta koneistuksen edetessä. 1970-luvun alussa tuli käyttöön tietokoneeseen perustuva CNC-ohjaus. Tämä toi ohjauksiin muistin, johon voitiin työstöohjelma tallentaa ennen koneistusta. CNC-tekniikka syrjäytti vanhan NC-tekniikan 1970-luvun puolessavälissä. Elektroniikan ja tietokonetekniikan huima kehitys on mahdollistanut NC-työstökoneiden kehityksen. Hintojen alentuessa erilaisten toimintojen määrä on kasvanut ja suorituskyky on jatkuvasti noussut. Ohjaukset ovat tulleet käyttäjille helpommiksi käyttää ja ohjelmointi helpottunut. NC-koneiden kehitys onkin näkynyt pääosin ohjausjärjestelmän puolella. Digitaalitekniikka on suurelta osin syrjäyttänyt analogisen tekniikan ja mahdollistanut uusien ominaisuuksien käytön./2/

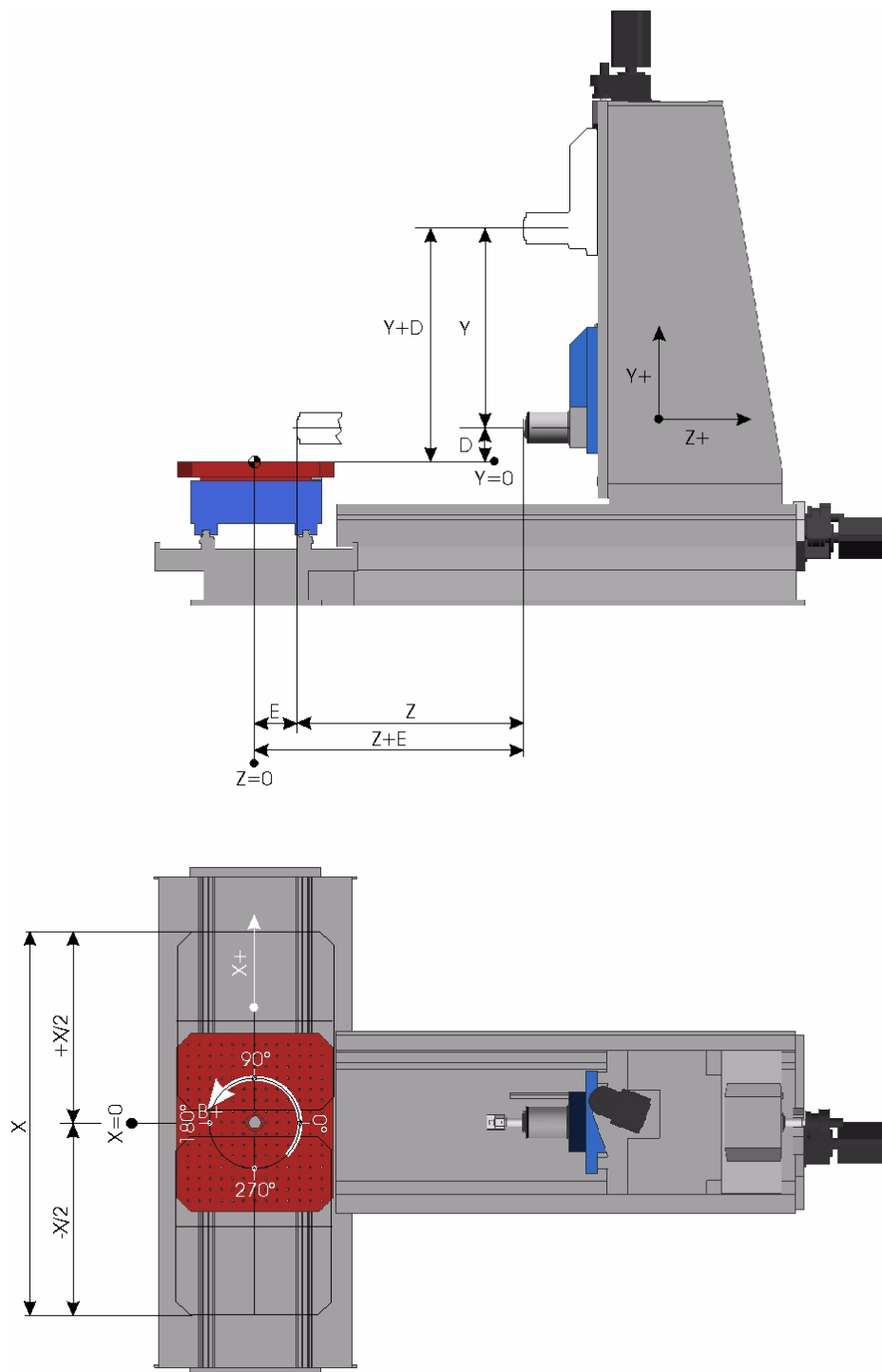
3.2 Perusrakenteet

Työstökeskus on tarkoitettu kappaleiden lastuavaan työstöön, jolla voidaan jyrsiä, avartaa ja työstää poraustyyppisillä menetelmillä. Koneistuskeskukset jaetaan karan asennon mukaisesti vaak- ja pystykaraisiin koneisiin. Koneistuskeskuksen tyypillisiin ominaisuuksiin kuuluu numeerisesti ohjatut toiminnot, kolme kohtisuoraan toisiaan vastaan olevaa liikeakselia, karaa käyttävä sähkömoottori, kuularuuvien päähän kytkettävät luistien käyttömoottorit, työkalujen sijoittaminen työkalumakasiiniin ja niiden paikkakoodaus.

Numeerisesti ohjattuihin toimintoihin kuuluu

- työkalun liikkeet kappaleeseen nähden, pöydän kääntö
- syöttö, portaaton syöttö
- karan pyörimisnopeus ja –suunta, käynnistys, pysäytys
- työkalunvaihto
- paletinvaihto
- aputoiminnot.

Vaakakaraisen työstökoneen yleisin rakenne on sellainen, että pöytä suorittaa X-, pylväs Z- ja karalaatikko pylväässä Y-liikkeen. (**Kuvio 9.**)



Kone MCX	työstöalue				Mitta "D" [mm]	Mitta "E" H / HV [mm]	Häiriöpiiri Ø [mm]
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	B [°]			
750	1100	900	1250	360 000 x 0,001	150	100 / -60	1400

Kuvio 9. Burkhardt Weber 750 MCX-vaakakarainen työstökeskus. /7, 4-24/

Pystykaraisessa koneessa yleensä pöytä suorittaa X- ja Y-liikkeet ja karalaatikko pylväässä Z-liikkeen. Molemmista vaihtoehdoista on myös olemassa muita rakenteita. Kara toimii sähkömoottorilla, jonka pyörimisnopeutta voidaan portaattomasti säätää. Nykyään karamoottori on rakennettu suoraan karan ympärille. Kara toimii suoraan moottorin akselina. Isommissa koneissa karan väliin on laitettu vaihdelaatikko vääntömomentin lisäämiseksi. Akselien käyttömoottorit kytketään suoraan kuularuuvien päähän. Käyttömoottoreita pystytään käyttämään portaattomasti ja niiden pyörimisnopeusalue on niin laaja, että tällä saavutetaan sekä pika- että syöttöliike.

Vaihdettavat työkalut laitetaan työkalumakasiiniin, josta se noudetaan tarvittavalla hetkellä. Pienissä koneissa käytetään revolver-, pyöreä rumpu-, tai ketjulla varustettua makasiiniä. Vaakakaraisen koneen makasiinin koko vaihtelee 20-300 työkalupaikan välillä. Pystykaraisen koko on yleensä 10-20 työkalupaikan välillä.
/2, 16/

3.3 Ohjaus

NC-työstökoneiden ohjaukset ovat tietokoneeseen perustuvia CNC-ohjauksia. CNC-ohjaus rakentuu tavallisesti mikroprosessoritekniikalla toteutetun mikrotietokoneen ympärillä. Mikrotietokoneessa on oma muisti, joka käsittelee tietoa automaattisesti sen muistiin tallennetussa ohjelmassa olevien toimintaohjeitten mukaisesti. Ohjelmisto koostuu kahdesta osasta, laitteistosta ja ohjelmistosta. Laitteiston kanssa erottamattomasti yhteen kuuluu ohjelmisto, jonka muodostaa systeemiohjelma eli ohjelmoitavan logiikan ja työstöohjelmat. Systeemiohjelman avulla tietokone saadaan päälle, ilman sitä kone ei toimi. Systeemiohjelma antaa tietoa mikrotietokoneelle NC-työstökoneen toimintojen toteuttamiseksi. Tämän avulla toimitetaan esimerkiksi interpolointi ja matemaattiset laskutoimitukset. Systeemiohjelman tehtävänä on kertoa tietokoneelle, miten työstöohjelman sisällä olevia tietoja käsitellään ja miten luisteja siirretään. Ohjelman muuttaminen mahdollistaa sen, että samaa ohjauslaitetta voidaan käyttää erityyppisissä työstökoneissa. Systeemiohjelman toimittaa työstökoneen valmistaja.

Ohjaus käsittelee tietoja lause kerrallaan. Tiedonkäsittely tapahtuu toimintamuistin ja puskurimuistin avulla. Työtökone toimii sillä hetkellä toimintamuistissa olevan tiedon mukaisesti. Samanaikaisesti puskurimuistiin menee yksi- tai useampi lause. Kun ohjelmarivi on suoritettu loppuun, uusi tieto puskurimuistista siirtyy hyvin nopeasti toimintamuistiin, minkä jälkeen työstö jatkuu toimintamuistissa olevien tietojen mukaisesti. Siirto saadaan juuri tällä tekniikalla nopeaksi ja tästä syystä työstössä ei tapahdu merkittäviä keskeytyksiä. /2, 21-22/

3.4 Ohjelmointi

NC-ohjelma muodostuu konekäskystä, joka kuvaa koneen eri toimintoja. Näiden käskyjen mukaisesti NC-työstökone suorittaa määrätyn työstötehtävän. Ohjelmointi on työpiirrustusten tietojen muuttamista NC-työstökoneen ymmärtämään koodikieliseen muotoon. Ohjelmointitapoja on käsinohjelmointi, ohjelmointi vuorovaikutteisella ohjauksella, tietokoneavusteinen ohjelmointi ja CAD/CAM- järjestelmä. /2, 43/

3.4.1 Käsinohjelmointi

Käsinohjelmointi on näistä vanhin ohjelmointitapa. Siinä ohjelmointi tehdään suoraan sellaisessa muodossa, mitä ohjauslaite pystyy lukemaan. Ohjelmoijan tehtävänä on laskea työkalun radat, lastuamisarvot, aputoiminnot ja kirjoittaa konekäskyjä sisältävän ohjelman. Käsinohjelmointi on hyvin joustava tapa tehdä ohjelmia. Työkalujen yksittäiset liikkeet saa työstötekniikan kannalta parhaiksi mahdollisiksi. Kaikkia työstökoneen ja ohjauksen sisältämiä mahdollisuuksia voidaan käyttää hyväksi. /2, 43/

3.4.2 Vuorovaikutteinen ohjelmointi

Ohjelmointi tapahtuu suoraan työstökoneen äärellä työpiirrustuksesta. Ohjelmoitaessa käytetään hyväksi ohjauksen älykkyyttä, laskutoimituksia ja rutiinitoimenpiteet tekee työstökoneen oma mikrotietokone. Vuorovaikutteisessa ohjauksessa on erilaisia toimintonäppäimiä, joilla voi vastata ohjauksen esittämiin kysymyksiin. Vastauksien perusteella ohjaus muokkaa ohjelman siten, että NC-

työstökone pystyy sen ymmärtämään. Tehokkaan ohjelmoinnin edellytyksenä on, että käytetään työkalu-, materiaali- ja menetelmätiedostoja. Näistä tiedostoista ohjaus osaa hakea oikeat menetelmät, työstöarvot ja liikeradat. Tällä ohjelmointitavalla pystytään tekemään nopeasti ja helposti ohjelmaa, tätä voidaanakin pitää erittäin kehittyneenä käsinohjelmointina. /2, 43/

3.4.3 Tietokoneavusteinen ohjelmointi

Ohjelmoinnin rutiinityöstä on siirretty mahdollisimman paljon tietokoneen hoidettavaksi. Ohjelmointi tapahtuu tätä varten kehitetyillä ohjelmistoilla, joka ladataan omaan tietokoneeseen. Ohjelma osaa laskea työstöradat, kääntää ohjelman työstökoneen kielelle ja tulostaa ohjelmalistauksen. Työstöratvoja voidaan tarkastella graafisella näyttöpäätteellä tai piirturin avulla. Ohjelma tallennetaan tiedostoon mistä se voidaan sitten siirtää työstökoneen muistiin. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin tarkoituksena on, että ohjelmointi olisi nopeampaa, helpompaa ja ohjelma olisi virheetön. Tämän ohjelmoinnin edut tulevat parhaiten esiin monimutkaisissa kappaleissa. /2, 43/

3.4.4 CAD/CAM- järjestelmä

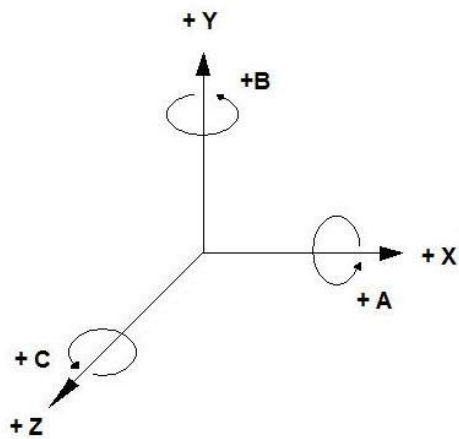
Tässä järjestelmässä suunnittelija tallentaa 3D-mallin tietokoneelle. Tätä 3D-mallia käytetään hyväksi NC-ohjelmaa tehtäessä. Työstöohjelma tehdään tähän mallin päälle, ohjelmoijan ei tarvitsen määritellä kappaleen geometriaa, työkalun radat voidaan poimia 3D-mallin geometriasta suoraan. Tästä mallista muodostettu ohjelma käännetään työstökoneen kielelle. /2, 43/

3.5 Akselit

Työstökoneesta riippuen, akseleita ja karoja on tietty määrä. Se minkälaisia kappaleita työstökoneella on mahdollisuus ajaa, riippuu akselien määrästä ja työstökoneen tyypistä. Ohjauksen mallista riippuen se määrää montaako akselia ja karaa pystytään ajamaan yhtäaikaan. Uudet koneet vaativat jo kehittyneemmän ohjauksen verrattaessa perinteisiin NC-koneisiin. Ohjauksen on kyettävä käsittelemään useita akseleita ja karoja, koska se antaa servomoottoreille käskyt

liikuttaa akseleita. Jokainen työstökoneen akseli on nimetty, jotta tiedetään minkäsuuntaisesta liikkeestä on kyse.

Työstökoneen akselit on nimetty ISO-standardin mukaisesti. Akselit on nimetty seuraavasti. Perusliikeakseleita ovat X, Y ja Z (**Kuvio 10.**). Akseleiden suunnat riippuvat työstökoneen tyypistä. Erilaisia rakenteita löytyy työstökoneesta ja sen rakenteesta riippuen./6/



Kuvio 10. Perusliikeakselit. /5, 10/

4 VALMISTUSMENETELMÄT

4.1 Jyrsintä

Jyrsintä on koneistusmenetelmä, jossa pyörivä, moniteräinen työkalu lastuaa työkappaletta ohjelmoitujen syöttöliikkeiden mukaisesti. Syöttöliikkeiden suunnat ovat lähes rajattomat. Jyrsintää käytetään yhä enimmäkseen tasomaisten pintojen koneistamiseen, kuten tasojyrsinnässä, mutta muitakin muotoja ja pintoja jyrsitään yhä useammin sitä mukaa kun viisiakseliset koneistuskeskukset ja monitoimikoneet yleistyvät. Yleisimpiä jyrsintämenetelmiä ovat tasojyrsintä, kulmajyrsintä, muotojyrsintä, taskujen jyrsintä, sorvausjyrsintä, kierrejyrsintä, katkaisu, jyrsintä suurella syötöllä, pistojyrsintä, jyrsintä vinolla syötöllä, nousuinterpolaatio, ympyräinterpolaatio ja trokoidijyrsintä. /1/

4.2 Poraus

Poraus on lieriömäisten reikien koneistamista työkappaleeseen. Poraukseen läheisesti liittyviä koneistusmenetelmiä ovat ydinporaus, väljennys, kalvinta ja avarrus. Kaikille näille koneistustavoille on yhteistä pyörivä pääliike yhdistettynä lineaariseen syöttöliikkeeseen. Tavallisin porausmenetelmä on umpiaineeseen tehtävä poraus, jossa umpinaiseen kappaleeseen porataan yhdellä työ kierrolla halkaisijaltaan halutun suuruinen reikä. Useimmissa työkappaleissa on kuitenkin ainakin yksi reikä, joka on koneistettava piirrustuksen vaativiin toleranseihin. Tärkeimpiä reikien koneistukseen vaikuttavia tekijöitä ovat

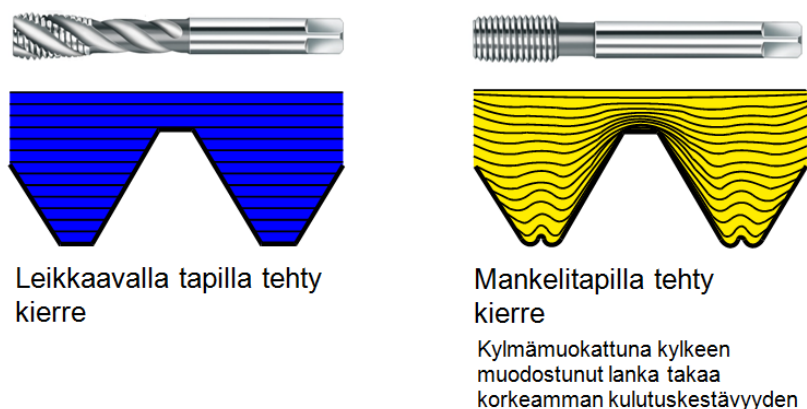
- reiän halkaisija
- reiän syvyys
- pinnanlaatu
- porattava aine
- koneistusolosuhteet
- koneistuksen häiriöttömyys
- tuottavuus./1/

4.3 Avarrus

Avarrus on koneistusmenetelmä, jossa pyörivällä työkalulla suurennetaan reikiä, jotka on valmistettu muilla menetelmillä, esimerkiksi muilla koneistusmenetelmillä, valamalla, takomalla tai polttoleikkaamalla. Reikä yleensä roihitaan ensin lähelle annettua mitta, minkä jälkeen se viimeistellään haluttuun mittaan ja pinnankarheuteen. Suurin suositeltu avarrussyvyys on yleensä neljä kertaa reiän halkaisija, toki eri työkaluilla on erilaiset reiän maksimisyvyudet. Syvien reikien avartamiseen tulisi käyttää värinävaimennettuja työkaluja. Avarrukset on jaettu neljään menetelmään: yksiteräinen avarrus, moniteräinen avarrus, porrastus ja kalvinta./1/

4.4 Kierteitys

Työstökoneessa tehtävä kierteytys on koneistusmenetelmä, jossa pyörivällä työkalulla tehdään kierre valmiiksi ajettuun reikään. Kierteitä tehdessä on kolme menetelmää kohteesta riippuen, kierrepakka, kierrejärsin ja kierretappi. Kierretapit on jaettu vielä kahteen ryhmään, mankelikierretapit ja leikkaavat kierretapit. Mankeli kierretappia tulisi ensisijaisesti käyttää jos se vain on materiaalin ja muitten asioiden puolesta mahdollista, koska sillä tulee lujempi kierre. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Kulutuskestävyyden vertailu. /6, 23/

Mankelikierretapin ja leikkaavan kierretapin valinnassa on myös huomiotava esireiän koko, se ei ole sama. Esimerkki M4-kierteessä reiän kokoero on 0,4 mm. Lisäksi mankelitapilla tehdessä kierrettä, alkureiän toleranssi on tarkempi kuin leikkaavassa kierretapissa. (**Kuvio 12.**)

Leikkaava kierretappi			Mankeli kierretappi	
Nominal Ø. mm	Pre hole-Ø mm		Nominal Ø. mm	Pre hole-Ø mm
M 1	0,75	Metric ISO-thread	M 1	0,88 ± 0,01
M 1,2	0,95		M 1,2	1,08 ± 0,01
M 1,4	1,1		M 1,4	1,26 ± 0,01
M 1,6	1,25		M 1,6	1,45 ± 0,02
M 1,8	1,45		M 1,8	1,65 ± 0,02
M 2	1,6		M 2	1,82 ± 0,02
M 2,2	1,75		M 2,2	2,0 ± 0,02
M 2,3	1,85		M 2,3	2,1 ± 0,02
M 2,5	2,05		M 2,5	2,3 ± 0,02
M 2,6	2,15		M 2,6	2,4 ± 0,02
M 3	2,5		M 3	2,8 ± 0,03
M 3,5	2,9		M 3,5	3,25 ± 0,03
M 4	3,3		M 4	3,7 ± 0,03
M 5	4,2		M 5	4,65 ± 0,03
M 6	5		M 6	5,55 ± 0,05

Kuvio 12. Kierteiden esireikien koko. /6, 17/

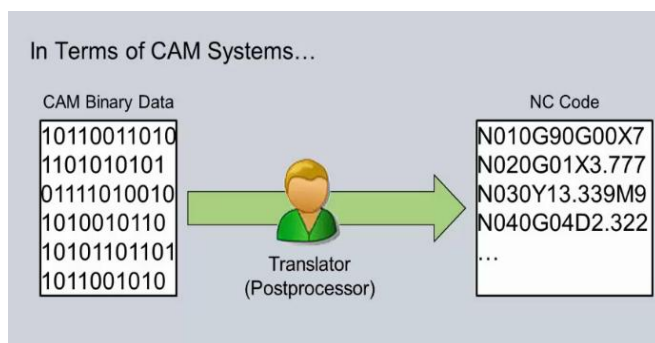
5 NX-CAM- OHJELMOINTI

5.1 Ohjelmoinnin tavoite

Ohjelmoinnin kehitystyö on saanut alkunsa selkeästä tarpeesta siirtyä käsin tehdystä ohjelmoinnista nykyaikaiseen 3D-ohjelmointiin. Tämän mahdollisti myös se, että uudesta moottorityypistä on 3D-mallit. CAM-ohjelmoinnin hyviä puolia on sisäänajon keston lyhentyminen ja virheitten minimoiminen. Tämä on suuri asia, sillä nykyisillä kappaleilla sisäänajot voivat kestää päiviä, koska kappalekoot ovat aika isoja. Ohjelmassa on hyvät simulointimahdollisuudet, millä nähdään mahdolliset virheet esimerkiksi työstöradoissa, porauksissa ja pikaliikkeissä. On selvää, että tällä saadaan säästöjä aikaiseksi, koska koneella ohjelmointi vähentyy ja näin ollen sisäänajot nopeutuvat.

5.2 Postprosessori

Postprosessori on tärkeä asia ohjelmiston asennuksessa, koska jos tätä ei ole tehty työstöohjelma ei toimi oikein työstökoneella. Postprosessorin tehtävänä on kääntää tehdyt liikeradat työstökoneelle ymmärrettävään muotoon. 3D-malliin tehdyt operaatiot käännetään binäärimuodosta NC-koodiksi. **(Kuvio 16.)**



Kuvio 16. Postprosessori.

Jokainen CAM-ohjelma tarvitsee oman postprosessorin ja se pitää aina rakentaa konekohtaisesti, koska

- Jokainen CNC-työstökeskus on erilainen.

- G-koodit kielet ovat erilaisia eri ohjauksissa.
- Standardit ”suoraan hyllyltä” postprosessorit eivät vastaa yhtiön parhaita käytäntöjä.
- Jokainen postprosessori on erilainen.

5.3 G- ja M-koodit

G-koodia apuna käyttäen koneelle ilmaistaan, miten koneen pitää toimia. Koodi voi ilmasta, onko kyseessä pikaliike vai syöttöliike tai ympyräkaari-interpolointi. Käsky muodostuu osoitteesta ja sitä seuraavasta luvusta.

G0 = pikaliike

G1 = syöttöliike

G3 = ympyräkaari-interpolointi myötäpäivään.

G-koodit on luokiteltu eri ryhmiin. Eri ryhmästä voidaan käskää yksi G-koodi kerrallaan. Useimmat G-koodit ovat niin kauan voimassa, kunnes se toisella G-koodilla kumotaan. Tärkeimmät G-koodit ovat vakiintuneet, mutta vähemmän käytettyjen koodien kohdalla, ne voivat vaihdella ohjauskohtaisesti.

Työstökoneen erilaisia aputoimintoja ohjataan M-koodien avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi lastuamisneste ohjaus, karan käynnistysohjelman lopetus ja aliohjelman lopusta hyppy pääohjelmaan. Käskyt muodostuu osoitteesta M ja sitä seuraavasta luvusta. (**Kuvio 17.**) /2, 47/

M8 = lastuamisneste päälle (karan ulkopuoli)

M7 = lastuamisneste päälle (karan sisäpuoli)

M30 = ohjelman lopetus ja paluu alkuun

M17 = aliohjelmasta hyppy pääohjelmaan.

```

;-----
; T315 PORA D5 B90 PORAUS 5MM 2KPL
;-----
;CALC_CT
_N315: L796(1,0,"315")
AT=315
TOOLCHECK("315",1,289)
T706 ;KIERRETAPPI M6
BW_SPMONI()

INFO(BESTB0275)
G0 G64 G90 G511 X-265 Y-255 B=DC(90) S2500 F510 M40 M3
D1 Z10 M8 M7
CYCLE81(30,-3,0,-24)
G0 X-265 Y245
CYCLE81(30,-3,0,-24)
G0 X-255 Y112.5
CYCLE81(100,-40,0,-60)

```

Kuvio 17. Esimerkkiohjelma.

5.4 Ohjelman siirto työstökoneelle

Valmiin ohjelman siirto työstökoneelle tapahtuu muistitikulla. Postprosessoitu ohjelma on tallennettu haluttuun paikkaan .ARC-muotoon. Ohjelma siirretään muistitikulle ja sen jälkeen muistitikulta haluttu ohjelma siirretään työstökoneen kovalevyille, josta se sitten vapautetaan työstettäväksi.

6 JATKOTOIMET JA YHTEENVETO

6.1 Jatkotoimet

Tämän tuotteen kohdalla tuli vastaan ongelmia renishaw yhteensovittamisen kanssa, koska Wärtsilä ei ollut ostanut lisäsovellusta, millä pystyisi tekemään myös mittausohjelmia. Sen vuoksi jouduttiin tekemään mittaukselle oma aliohjelma vanhalla menetelmällä, missä mittaus suoritettiin. Lisäsovelluksella tämä olisi mahdollista tehdä myös CAMissä. Tästä päädyttiin hyvin nopeasti siihen tulokseen, että tilasimme lisäsovelluksen, koska tätä tarvittiin myös muilla osastoilla ja näin saatiin kustannukset jaettua eri osastojen kesken. Lisäsovellus on nyt tilattu ja sen toimitus on keväällä 2014. Lisäksi tämän paketin mukana tulee sovellus, millä pystytään tekemään itse haluttuja erityistyökiertoja esimerkiksi takatasauksia, syvänreiän porauksia ja avarrustyökiertoja.

6.2 Tulokset

Ensimmäinen NX-CAM- ohjelma saatiin tehtyä onnistuneesti satulasta. Projekti oli aika pitkä, koska suunnittelijoilta venyi 3D-mallien saaminen odotettua kauemmin, siksi myös opitut asiat pääsivät jo melkein unohtumaan. Onneksi kuitenkin saatiin apuja muilta osastoilta, jotka pääsivät käyttämään jo ohjelmistoa aikaisemmin, joten heiltä opitut uudet asiat eivät olleet ehtineet unohtua. Ohjelmiston postprosessin tuotos oli lopulta virheetöntä ja saatiin sisäänajot hoidettua todella nopeasti ja virheettömästi. Sisäänajo oli helppoa, koska enää ei tarvinnut katsoa tarkasti ohjelmarivejä ja pystyi luottamaan simulointiin melko hyvin. Ainut mitä piti aluksi katsella oli kappaleen työvarat. Oliko työkaluille määritelty riittävän monta lastunpoistoa ja olivatko turvaetäisyydet riittävät.

6.3 Loppusanat

Viimekeväisen aloituspalaverin jälkeen ajattelin, että olen nyt todella ajoissa liikkeellä, ja että saan hyvissä ajoin opinnäytetyön tehtyä, mutta näin ei kuitenkaan käynyt. Hommat alkoivat venyä suunnittelun viivästymisen takia ja en päässyt yhtään etenemään tämän takia, koska tarvitsin satulan 3D-mallit

päästäkseni eteenpäin. 3D-mallin saatuaani koneistuksella oli jo tietenkin kova kiire, joten postprosessin hiominen kuntoon jäi sitten varsinaisten kappaleiden valmistumisen jälkeen. Nyt odottelemme tätä lisäsovellusta, että saamme kaikki toiminnot tehtyä ja postprosessori toimii oikein kaikilla koneilla. Työn tekeminen oli aika haasteellista aikataulullisesti, koska suunnittelun venymisen takia koneistukset oli tehtävä mahdollisimman pian aikataulun kiinnisaamiseksi. Jälkiviisaana voitaneen sanoa, että olisin voinut jo jollain testikappaleella hioa tuota postprosessoria kuntoon ja ohjelman lisäsovellus olisi myös pitänyt ostaa heti.

LÄHTEET

- /1/ AB Sandvik Coromant 2005. Lastuavat työkalut, Tekninen asiakirja.
- /2/ Vesämäki, H. 2007. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. 3.uudistettu painos, 8-9.
- /3/ Sorvari, J. 2005b. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi, 8-9.
- /4/ Wärtsilä kotisivut. Viitattu 04.11.2013 <http://wartsila.com>
- /5/ Nappa, K. CAM-Ohjelmiston käyttöönotto ja integrointi CNC-työstöön
- /6/ Walter. TRAINING MANUAL_THREADING BASIC_forming_2008 02 28_ENG
- /7/ Burkhardt Weber. Tekninen dokumentaatio MCX750